






## Photoelectric measuring system

**Patent number:** DE3417176  
**Publication date:** 1985-11-21  
**Inventor:** MICHEL DIETER DIPL ING (DE)  
**Applicant:** HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES (DE)  
**Classification:**  
- international: G01B11/02; G01B7/02  
- european: G01D5/36C; G01D5/38  
**Application number:** DE19843417176 19840509  
**Priority number(s):** DE19843417176 19840509

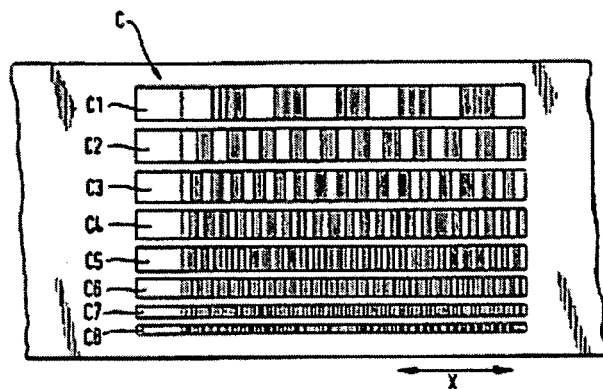
**Also published as:**

 E P0163824 (A2)  
 US 4778273 (A1)  
 J P60243515 (A)  
 E P0163824 (A3)  
 E P0163824 (B1)

Abstract not available for DE3417176

Abstract of corresponding document: **US4778273**

In a photoelectric measuring arrangement two grids operating as a scale and a scanning plate are built up of several component phase grids which define periodic graduations having differing grid constants. The periodic signals of differing periodicity arising through diffraction are optically or electrically summed.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 34 17 176.2  
㉔ Anmeldetag: 9. 5. 84  
㉕ Offenlegungstag: 21. 11. 85

DE 34 17 176 A 1

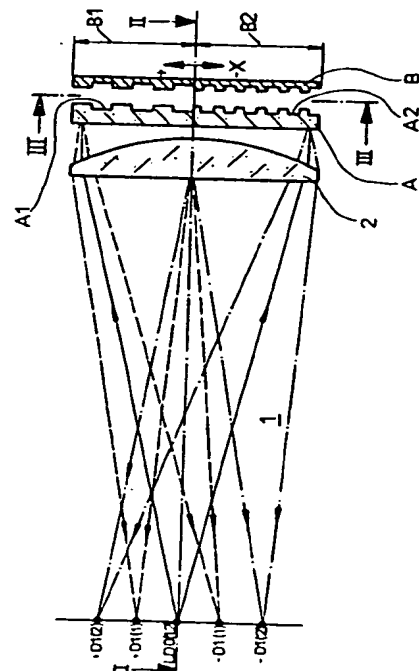
㉚ Anmelder:  
Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 8225 Traunreut, DE

㉚ Erfinder:  
Michel, Dieter, Dipl.-Ing. (FH), 8220 Traunstein, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Photoelektrische Meßeinrichtung

Bei dieser photoelektrischen Meßeinrichtung sind zwei gegeneinander verschiebbare Gitter (A, B) wie Maßstab und Abtastplatte aus mehreren Phasengittern (A1, A2 und B1, B2) aufgebaut, die zwar periodische Teilungen, jedoch unterschiedliche Gitterkonstanten aufweisen. Die durch Beugung entstehenden periodischen Signale unterschiedlicher Periodenlänge werden optisch und/oder elektrisch zusammengefaßt.



DE 34 17 176 A 1

←-  
Ansprüche  
=====

1. Vorrichtung zur photoelektrischen Erzeugung von elektrischen Signalen bei Lagemeßeinrichtungen, insbesondere von Referenzimpulsen bei Längen- oder Winkelmeßeinrichtungen, mit wenigstens  
5 einer Beleuchtungseinrichtung, Abtastplatte, wenigstens einem Längen- oder Winkelteilungsfeld auf einem Teilungsträger, wenigstens einem Photodetektor und einer Auswerteschaltung, dadurch gekennzeichnet, daß das wenigstens eine Längen-  
10 oder Winkelteilungsfeld (A bis CA) aus mehreren Gittern (A1 bis CA8) mit periodischer Teilung aufgebaut ist, die unterschiedliche Gitterkonstanten aufweisen, und daß die davon abgeleiteten periodischen Signale optisch und/oder  
15 elektrisch zusammengefaßt werden.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem wenigstens einen Längen- oder Winkelteilungsfeld (A bis CA) ein zusätzliches, nicht  
20 periodisches Teilungsfeld (D) zugeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens das eine Längen- oder Winkelteilungsfeld (A bis CA) als Phasengitter (A1 bis CA8) ausgebildet ist.  
25
4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß das zusätzliche Teilungsfeld (D) in Meßrichtung X verschiebbar ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein weiteres Längen- oder Winkelteilungsfeld (CB) vorgesehen ist, das aus mehreren Gittern (CB1 bis CB8) mit periodischer Teilung, jedoch unterschiedlichen Gitterkonstanten aufgebaut ist, die gegenüber den ersten Gittern (CA1 bis CA8) gleicher Gitterkonstante in Meßrichtung X jeweils um einen Bruchteil bzw. ein Vielfaches der zugehörigen Gitterkonstanten zueinander phasenverschoben sind.
6. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Photodetektoren und die Lichtquelle gegeneinander austauschbar oder in beliebiger Weise miteinander kombinierbar sind, wobei die Wellenlängen verschiedener Lichtquellen unterschiedlich sein können.
7. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasengitter (A1 bis CB8) als Laminar- und/oder Echelettegitter ausgebildet sind.

Photoelektrische Meßeinrichtung  
=====

Die Erfindung bezieht sich auf eine photoelektrische Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Derartige Vorrichtungen sind bei inkrementalen  
5 Längen- oder Winkelmeßeinrichtungen üblich, damit beispielsweise ein für die Meßeinrichtung definierter Nullpunkt festgelegt und reproduziert werden kann.

- 10 In der DE-OS 18 14 785 ist der Aufbau einer Referenzmarke zur Erzeugung eines Referenzimpulses beschrieben.

- 15 Ein genügend exakter Referenzimpuls läßt sich jedoch nur von einer derartigen Referenzmarke ableiten, wenn der Abtastabstand sehr klein ist und dementsprechend engen Toleranzen hinsichtlich der Abstandsschwankungen unterliegt.

- 20 Bei der photoelektrischen Abtastung bisher bekannter Referenzmarken erhält man Eintaktsignale. Um

die zur sicheren Auswertung erforderlichen Gegen-  
takt- bzw. Pseudogegentaktsignale zu erhalten,  
müssen zwei Referenzmarken bzw. eine Referenzmarke  
und ein Feld (z.B. Spiegel) zum Erzeugen eines Be-  
5 zugssignales vorgesehen und abgetastet werden.  
Durch ungleichmäßige Verschmutzung der Referenz-  
marken und durch Abstandsänderungen beim Abtasten  
kann sich das erzeugte photoelektrische Signal so  
verändern, daß eine sichere Auswertung nicht mehr  
10 gegeben ist.

In der 1978 veröffentlichten Dissertation von  
J. Willhelm "Dreigitterschrittgeber - photoelek-  
trische Aufnehmer zur Messung von Lageänderungen"  
15 (TU Hannover) sind ausführlich die Theorie und die  
Zusammenhänge bei derartigen Wegaufnehmern erläutert.

Zudem ist aus der DE-OS 23 16 248 ein photoelek-  
trischer Schrittgeber bekannt, der mit Phasengittern  
20 arbeitet, wodurch ein größerer Abtastabstand der  
beiden zueinander verschiebbaren Gitter zulässig  
ist, und die Empfindlichkeit gegenüber Abstands-  
änderungen geringer wird. In dieser Druckschrift  
wird jedoch kein Hinweis darauf gegeben, wie bei-  
25 spielsweise eine Referenzmarke genügend sicher ab-  
getastet und ausgewertet werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine  
Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen,  
30 bei der die Toleranzen der Schwankungen des Abtast-  
abstandes vergrößert werden können, bei der ein  
verhältnismäßig großer Abtastabstand zulässig ist,  
und bei der anhand von Referenzmarken Referenzim-  
pulse erzeugt werden können.

Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung gelöst,  
die die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1  
aufweist.

- 5 Die Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung  
liegen darin, daß auch bei der Abtastung von Referenzmarken ein verhältnismäßig großer Abtastabstand  
zulässig ist, der dementsprechend gegenüber Änderungen  
relativ unempfindlich ist. Ferner ist es bei dieser  
10 Vorrichtung möglich, die einzelnen Referenzmarken  
so auszugestalten, daß beliebige Signalformen erzeugt werden können.

- Vorteilhafte Ausgestaltungen entnimmt man den Unter-  
15 ansprüchen.

- Mit Hilfe von Ausführungsbeispielen soll anhand der  
Zeichnungen die Erfindung noch näher erläutert werden,  
wobei die Darstellungen zum besseren Verständnis  
20 nis stark vereinfacht wurden.

Es zeigen

- 25 Figur 1 eine Meßeinrichtung nach dem Auflichtverfahren arbeitend,

- Figur 2 eine Draufsicht auf die Meßeinrichtung nach Figur 1 entlang  
der Schnittlinie II/II,

- 30 Figur 3 eine Ansicht auf ein Reflexphasengitter aus Figur 1 entlang der Linie III/III, verkleinert,



- Figur 4 eine Ansicht der Brennebene des Kondensors entlang der Linie IV/IV in Figur 2,
- 5            Figur 5 einen typischen Signalverlauf mit Phasengittern gemäß Figur 1,
- Figur 6 eine vorteilhafte Anordnung von Phasengittern,
- 10           Figur 7 ein typischer Signalverlauf mit Phasengittern gemäß Figur 6,
- Figur 8 eine besonders vorteilhafte Anordnung von Phasengittern,
- 15           Figur 9 eine weitere Variante von Phasengittern zur zusätzlichen Signalmodulation und
- 20           Figur 10 eine Anordnung von Phasengittern gemäß Figur 8 mit zusätzlichen phasenverschobenen Phasengittern.
- 25    Der im folgenden verwendete Ausdruck "Licht" umfaßt ultraviolette und infrarote Strahlung sowie die im sichtbaren Bereich liegende Strahlung.
- 30    In Figur 1 ist eine Längenmeßeinrichtung 1 nach dem sogenannten Dreigitter-Auflichtprinzip dargestellt. Die Strahlung einer Lichtquelle L wird von einem Kondensor 2 kollimiert und an Phasengittern A und B gebeugt und reflektiert.

Die Phasengitter A und B haben Felder A1, A2, B1, B2 mit periodischer Teilung die unterschiedliche Gitterkonstanten aufweisen.

- 5 In der Brennebene des Kondensors 2 entstehen Beugungsbilder 0. und höherer Ordnung der Lichtquelle L, die den unterschiedlichen Gitterkonstanten und der Gittergestaltung (z.B. Verhältnis Furchenbreite/Gitterkonstante, Furchentiefe etc.) entsprechen. An  
10 diesen Stellen sind entsprechend der Gittertheorie Photodetektoren D0 bis  $\pm D1(2)$  angeordnet.

- Jedes Phasengitter A und B weist also zwei Felder A1, A2 und B1, B2 auf, die unterschiedliche Gitter-  
15 konstanten aufweisen.

- In Figur 2 ist die Längenmeßeinrichtung 1 in der Draufsicht entlang der Linie II/II der Figur 1 gezeigt. Die Lichtquelle L ist aus der optischen  
20 Achse versetzt angeordnet, damit die Beugungsbilder der 0. Ordnung nicht in die Lichtquelle L zurückgeworfen werden, sondern um den gleichen Betrag versetzt, der Lichtquelle L gegenüber, auf entsprechend angeordnete Photodetektoren D0 fallen. Die Licht-  
25 quelle L kann jedoch in der optischen Achse verbleiben, wenn nur höhere als die 0. Ordnung ausgewertet werden.

- In Figur 3 ist das Reflexphasengitter B abgebildet, das in verkleinerter Darstellung die Phasengitterfelder B1 und B2 entlang der Linie III/III in Figur 1 mit den unterschiedlichen Gitterkonstanten zeigt. Prinzipiell ist auch eine davon abweichende Anordnung der Teilungsfelder B1 und B2 möglich.

Figur 4, die eine Ansicht der Photodetektoren D1(2) bis -D1(2) zeigt, beruht auf einer Ansicht IV/IV in Figur 2.

- 5 In Figur 5 ist ein typischer Signalverlauf gezeigt, wie er mit einer Meßeinrichtung gemäß der Figuren 1 bis 4 erzeugt wird. Dieses Signal wird bei Verschiebung des Phasengitters B in X-Richtung durch Modulation der Lichtquellenbilder erzeugt. Am  
10 Photodetektor DO (Figur 1, 2 und 4) kann dieses Signal abgegriffen werden.

- In Figur 6 ist der Aufbau eines Phasengitters C gezeigt, das anstelle von zwei Feldern acht Felder  
15 C1 bis C8 aufweist, deren Gitterkonstanten im Verhältnis 1:2:3:4:5:6:7:8 ausgestaltet sind. Die Felder C1 bis C8 sind dabei entsprechend einer Fourier-Reihe ausgebildet, und die Flächen der Felder C1 bis C8 sind Konstanten proportional, die den  
20 Fourier-Koeffizienten dieser ausgewählten Fourier-Reihe entsprechen.

- Bei Bewegungen des Phasengitters C in Meßrichtung X erhält man am Photodetektor DO für die 0. Beugungs-  
25 ordnung einen Signalverlauf, wie er in Figur 7 dargestellt ist.

- Ein dazu gegenphasiges Signal (Gegentakt) erhält man durch Auswerten der  $\pm 1$ . Beugungsordnungen  
30 unter der Voraussetzung, daß das Verhältnis Furchenbreite/Gitterkonstante der jeweiligen Feldteilungen 1:2 ist.

Eine Variante des Phasengitters C erhält man, wenn

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**